

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-068413

(43)Date of publication of application : 11.03.1997

(51)Int.Cl.

G01B 11/02

G01B 9/04

G02B 21/00

(21)Application number : 07-223331

(71)Applicant : OLYMPUS OPTICAL CO LTD

(22)Date of filing : 31.08.1995

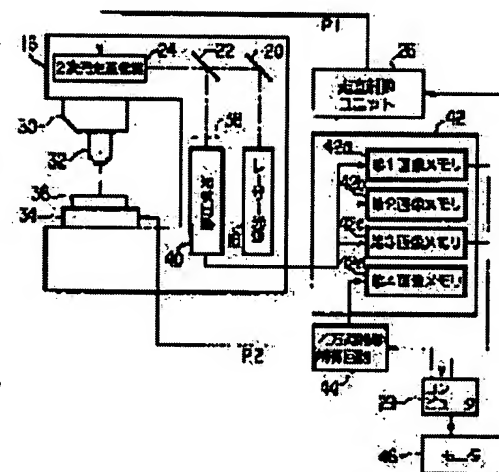
(72)Inventor : KITA NOBUHIRO

(54) HEIGHT MEASURING METHOD AND COFOCAL SCANNING OPTICAL MICROSCOPE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To improve reproducibility in the measurement of a surface shape without altering a microscope system for a reduced moving step in the direction of height by estimating a relative position to maximize an output of a photodetector.

SOLUTION: Light emitted from a light source 18 is made incident into a sample 36 through an objective lens 32 of an optical microscope 16 and the relative position between a focusing position of the objective lens 32 and the sample 36 is changed discretely in the direction Z along the optical axis to detect the intensity of light from the sample 36 at each relative position, separately. The maximum value is estimated on a change curve indicating the intensity of light, based on a plurality of light intensity detected values containing the maximum thereof and the estimated maximum value is used as height information.



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平9-68413

(43)公開日 平成9年(1997)3月11日

(51)Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 1 B 11/02			G 0 1 B 11/02	Z
9/04			9/04	
G 0 2 B 21/00			G 0 2 B 21/00	

審査請求 未請求 請求項の数3 O L (全 8 頁)

(21)出願番号 特願平7-223331

(22)出願日 平成7年(1995)8月31日

(71)出願人 000000376

オリンパス光学工業株式会社

東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号

(72)発明者 北 信浩

東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オリ
ンパス光学工業株式会社内

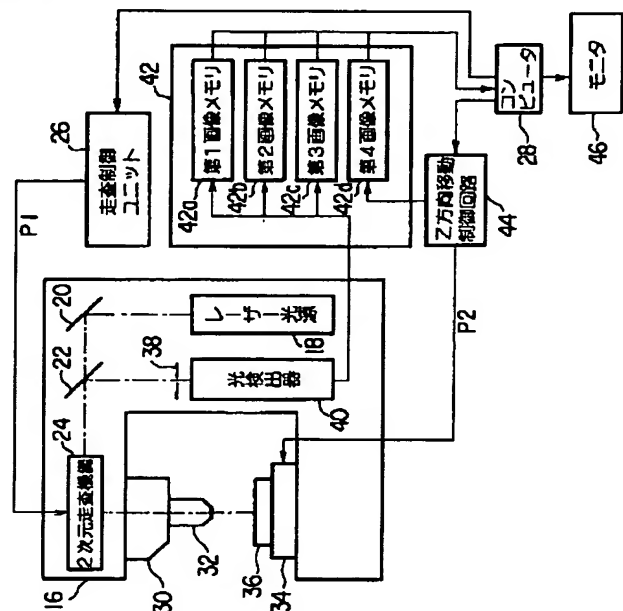
(74)代理人 弁理士 鈴江 武彦

(54)【発明の名称】 高さ測定方法及び共焦点走査型光学顕微鏡

(57)【要約】

【課題】光検出器の出力が最大となる相対位置を推定することにより、顕微鏡システムを変更して高さ方向の移動ステップを小さくすることなく表面形状の測定再現性を改善すること。

【解決手段】光源18からの出射光を光学顕微鏡16の対物レンズ32を通して試料36に入射し、前記対物レンズ32の集束位置と前記試料36との相対位置を光軸方向となるZ方向に離散的に変化させ、各相対位置での前記試料36からの光強度をそれぞれ検出し、最大の光強度検出値を含む複数の光強度検出値に基づいて当該光強度が示す変化曲線上の最大値を推定し、その推定した最大値を高さ情報とする。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 光源からの光を光学顕微鏡の対物レンズを通して試料に入射し、前記対物レンズの集束位置と前記試料との相対位置を光軸方向となる Z 方向に離散的に変化させ、各相対位置での前記試料からの光強度をそれぞれ検出し、最大の光強度検出値を含む複数の光強度検出値に基づいて当該光強度が示す変化曲線上の最大値を与える前記相対位値を推定し、その推定した相対位値を高さ情報として取得する高さ測定方法。

【請求項 2】 光源からの光を光学顕微鏡の対物レンズを通して試料に入射し、前記対物レンズの集束位置と前記試料との相対位置を光軸方向となる Z 方向に離散的に移動させ、各相対位置での前記試料からの光強度をそれぞれ検出し、これら光強度検出値の中から最大の光強度検出値及びその前後の相対位置での光強度検出値からなる 3 つの光強度検出値を抽出し、この 3 つの光強度検出値から下式に基づいて当該光強度が示す変化曲線上の最大値 Z_0 を与える前記相対位値を推定し、その推定した相対位値を高さ情報として取得する高さ測定方法。

$$Z_i = Z_0 + \Delta \cdot m + \{ (I_{i+1} - I_{i-1}) \cdot \Delta \} / [2 \{ (I_{i-1} - I_i) + (I_{i+1} - I_i) \}]$$

但し、 Z_0 は測定開始前の位置、

Δ は 1 回当たりの移動量、

m は光強度検出値が最大となるときの移動回数、

I_i は最大の光強度検出値、

I_{i-1} は I_i の直前の位置での光強度検出値、

I_{i+1} は I_i の直後の位置での光強度検出値、である。

【請求項 3】 光源からの出射光を試料に対して集束させる対物レンズと、前記集束光を前記試料表面に沿って相対的に走査する走査機構と、前記集束光の光軸方向に沿って前記対物レンズの焦光位置と前記試料の位置とを相対的に移動させる移動機構と、前記対物レンズの焦光位置と共役な位置に配置されたピンホールと、前記ピンホールを透過する光の強度を検出する光検出器とを備えた共焦点走査型光学顕微鏡において、前記対物レンズの焦光位置と前記試料の位置とを相対的に移動させたとき各相対位置で前記光検出器から出力された光強度信号を記憶する画像メモリと、前記画像メモリから光強度信号を読み込み当該光強度信号の変化曲線上の最大値を与える前記相対位値を推定する推定手段とを具備したことを特徴とする共焦点走査型光学顕微鏡。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、光学顕微鏡の光学系を介して試料を光で走査することにより試料の表面情報を測定する方法に係り、特に共焦点走査型光学顕微鏡による測定方法に関する。

【0002】

【従来の技術】 共焦点走査型光学顕微鏡は、試料を点光

源によって点状照明し、試料からの透過光又は反射光をピンホール上に集光させた後、このピンホールを透過する光の強度を光検出器で検出することによって試料の表面情報を取得する。

【0003】 図 5 に一般的な共焦点走査型光学顕微鏡の概略的な構成が示されている。同図に示す共焦点走査型光学顕微鏡は、点光源 2 から出射した点状光が、ハーフミラー 4 を透過した後、収差補正された対物レンズ 6 によって試料面 8 上に点状集光される。この照明された試料面 8 から反射した反射光が、再び対物レンズ 6 からハーフミラー 4 に導入された後、ハーフミラー 4 によって反射され所定の位置に集光する。集光位置に設けたピンホール 10 により試料 8 上の集光点以外からの反射光をカットし、ピンホール 10 を透過した光だけを光検出器 12 によって検出する。

【0004】 このような光検出を試料面 8 の全体に亘って行い、試料面 8 からの反射光をテレビのラスタ走査と同様に 2 次元走査することによって、試料面 8 の 2 次元像を得ることができる。

【0005】 ところで、試料面 8 の表面は平坦な面ではなく、例えば符号 A で示すような対物レンズ 6 の集光位置からずれた面も存在する。共焦点走査型光学顕微鏡は、このような面 A から反射した光は破線で示すピンホール 10 上に集光することはないので、集光位置以外からの反射光はピンホール 10 でカットされて光検出器 12 で検出されないことになる。このために共焦点走査型光学顕微鏡は、対物レンズ 6 の集光位置、即ち合焦位置に存在する試料面 8 の光学像のみを高精度に測定することができる。

【0006】 図 6 に示すような、高さの異なる 3 つの試料面 A、B、C を有する試料 14 を通常の光学顕微鏡で観察する場合を想定する。例えば、試料面 A に合焦させたとき、試料面 B、C の光学像はぼけてしまうことになる。このため、全ての試料面 A、B、C に対する合焦画像（即ち、試料面 A、B、C に対してピントが合った際に得られる光学像）を観察することは不可能であった。

【0007】 一方、共焦点走査型光学顕微鏡によれば、試料面 A、B、C に対する合焦画像を各々保存した後、試料面 A、B、C に対する合焦画像を光学的に足し合わせることによって、全ての試料面 A、B、C に対する合焦画像を得ることが可能となる。なお、実際には、各試料面 A、B、C から発生する光学像の明るさの最大値を相互に足し合わせればよい。

【0008】 以上、説明したような試料の表面状態の測定方法が、「THEORY AND PRACTICE OF SCANNING OPTICAL MICROSCOPY」（トニーウィルソン、コーリンシェパード著；ACADEMIC PRESS 発行）の 126 頁～130 頁に記載されている。

【0009】 上記文献中には次のような事項が記載され

ている。試料面の一点に集束光を照射した状態で、その光軸方向（Z方向）に集束光をZ走査して、かかる走査中に輝度が最も高くなる位置（Z位置）を検出して保存する。次に、上記の集束光をX方向に移動させることによって試料面の次の一点に集束光を照射し、この状態で上記同様のZ走査を行って、かかる走査中に輝度が最も高くなる位置（Z位置）を検出して保存する。このようなZ走査を繰り返しながら、集束光を試料面上でXY方向に移動させる。この結果、輝度変化に基づいた試料の表面形状が測定される。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】上述した測定方法は、試料面の一点でのZ走査中に輝度が最も高くなる位置をZ位置として保存している。このとき、Z走査は対物レンズと試料の相対位置を一定量づつ離散的に変化させて行う。

【0011】図7は、Z走査による輝度の変化曲線を示している。○印は、対物レンズと試料の相対位置をZ方向へ一定量で変化させたときの各Z位置での測定データである。対物レンズと試料の相対位置を連続的に変化させた場合の輝度の変化曲線15上で輝度が最大となる位置Z₀からずれた位置Z₁がZ位置として保存されることになる。この“ずれ”はZ走査を離散的に行っていること、即ち、Z走査の量子化により生じる誤差であり、そのずれ量は最大でZ移動ステップの1/2となる。

【0012】このずれ量は、Z走査の開始位置で決まるので、測定の度にばらつき、測定再現性を悪くする原因となる。例えば、試料表面における2点間の高さを測定する場合、両方の点で各々、Z移動ステップの1/2の誤差があれば、全体でZ移動1ステップ分の誤差が生じることになる。

【0013】このため、測定再現性を良くするにはZ走査の移動ステップを小さくする必要があるが、Z走査の移動ステップを小さくするためには、より精密な微小送り機構が必要になり、製造コストが上昇する。

【0014】最近の半導体プロセスでは半導体ウエハ上のパターンの厚さ等の測定において0.05μm以下の再現性が求められており、しかも測定のスループットが重視されているので、従来の測定方法ではこうした要求に応えられなくなってきている。

【0015】本発明は、以上のような実情に鑑みてなされたもので、顕微鏡システムを変更して高さ方向の移動ステップを小さくすることなく、表面形状の測定再現性を改善できる測定方法及び共焦点走査型光学顕微鏡を提供することを目的とする。

【0016】

【課題を解決するための手段】本発明は、上記目的を達成するために以下のような手段を講じた。請求項1に対応する本発明は、光源からの出射光を光学顕微鏡の対物

置と前記試料との相対位置を光軸方向となるZ方向に離散的に変化させ、各相対位置での前記試料からの光強度をそれぞれ検出し、最大の光強度検出値を含む複数の光強度検出値に基づいて当該光強度が示す変化曲線上の最大値を与える相対位値を推定し、その推定した相対位値を高さ情報とする高さ測定方法である。

【0017】本発明によれば、最大の光強度検出値を含む複数の光強度検出値に基づいて当該光強度が示す変化曲線上の最大値が推定される。光強度の変化曲線上の最大値が理論上最も輝度が高くなるZ位置である。従って、移動ステップを小さくしなくてもステップ誤差の含まれない高精度な測定値が取得される。

【0018】請求項2に対応する本発明は、光源からの出射光を光学顕微鏡の対物レンズを通して試料に入射し、前記対物レンズの集束位置と前記試料との相対位置を光軸方向となるZ方向に離散的に移動させ、各相対位置での前記試料からの光強度をそれぞれ検出し、これら光強度検出値の中から最大の光強度検出値及びその前後の相対位置での光強度検出値からなる3つの光強度検出値を抽出し、この3つの光強度検出値から下式に基づいて当該光強度が示す変化曲線上の最大値Z₀を与える相対位値を推定し、その推定した相対位値を高さ情報とする高さ測定方法である。

【0019】
$$Z_0 = Z_1 + \Delta \cdot m + \{ (I_{n+1} - I_{n-1}) \cdot \Delta \} / [2 \{ (I_{n-1} - I_n) + (I_{n+1} - I_n) \}]$$

但し、Z₀は測定開始前の位置、Δは1回当たりの移動量、mは光強度検出値が最大となるときの移動回数、I_nは最大の光強度検出値、I_{n-1}はI_nの直前の位置での光強度検出値、I_{n+1}はI_nの直後の位置での光強度検出値、である。

【0020】本発明によれば、上記する式から光強度が示す変化曲線上の最大値Z₀が推定される。従って、移動ステップを小さくしなくてもステップ誤差の含まれない高精度な測定値が取得される。

【0021】請求項3に対応する本発明は、光源からの出射光を試料に対して集束させる対物レンズと、前記集束光を前記試料表面に沿って相対的に走査する走査機構と、前記集束光の光軸方向に沿って前記対物レンズの焦点位置と前記試料の位置とを相対的に移動させる移動機構と、前記対物レンズの焦点位置と共役な位置に配置されたピンホールと、前記ピンホールを透過する光の強度を検出する光検出器とを備えた共焦点走査型光学顕微鏡において、前記対物レンズの焦点位置と前記試料の位置とを相対的に移動させたとき各相対位置で前記光検出器から出力された光強度信号を記憶する画像メモリと、前記画像メモリから光強度信号を読み込み当該光強度信号の変化曲線上での最大値を与える相対位値を推定する推定手段とを備える。

【0022】本発明によれば、対物レンズの焦点位置と

試料の位置とを相対的に移動させたとき各相対位置で光検出器から出力された光強度信号が画像メモリに記憶され、画像メモリから光強度信号を読込んだ推定手段により当該光強度信号の変化曲線上での最大値が推定される。

【0023】共焦点走査型光学顕微鏡において、対物レ

$$I(Z) = \{ \sin(u/2) / (u/2) \}^2 \quad \dots (1)$$

$$u = 8\pi Z \cdot \sin'(\theta/2) / \lambda$$

$$NA = \sin \theta$$

I : 輝度

Z : 焦点からの距離

NA : 対物レンズの開口数

λ : 光の波長

(1) 式によれば、 $Z=0$ すなわち、試料が光学系の焦点位置にあるとき、試料からの反射輝度 $I(Z)$ が最大となる。 NA 、 λ は光学系で決まる定数なので、実際の測定において試料と光学系の相対位置を一定量づつ離散的に変化させ、各々の相対位置 Z_1 、 Z_2 、 \dots Z_n に対して、反射輝度 I_1 、 I_2 、 \dots I_n を測定すれば、真に試料からの反射輝度が最大となる、対物レンズと試料の相対位置 Z_0 が計算により求めることが可能となる。

【0025】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態について説明する。

(第1の実施形態) 図1は、第1の実施形態に係る共焦点走査型光学顕微システムの構成を示している。第1の実施形態は、共焦点走査型光学顕微16の光学系を使用して試料を2次元走査することにより表面情報を取得する例である。

【0026】共焦点走査型光学顕微16は、レーザ光源18から出射した走査用レーザ光をミラー20で反射すると共にハーフミラー22を介して2次元走査機構24に入射する。

【0027】2次元走査機構24は、走査制御ユニット26を介してコンピュータ28に接続されており、コンピュータ28からの命令によって走査制御ユニット26から出力される走査制御信号P1に基づいて駆動制御される。2次元走査機構24は、走査制御信号P1に基づいて走査用レーザ光をレボルバ30にセットされた対物レンズ32を介してステージ34上の試料36に微小スポットに集光し、この状態で走査用レーザ光を試料36上にテレビのラスタ走査と同様にXY方向に走査する。

【0028】走査用レーザ光による試料走査で試料36から反射した反射光は、対物レンズ32及び2次元走査機構24を介してハーフミラー22まで導光され、このハーフミラー22によって光検出器40側へ反射される。

【0029】ハーフミラー22で反射した反射光は、対物レンズの集光位置と共役な位置に配置したピンホール

レンズと試料の相対位置に連続的に変化させた場合の輝度の変化は、例えば、THEORY AND PRACTICE OF SCANNING OPTICAL MICROSCOPY P126に開示されているように理論的に求められている。

【0024】

38を透過した後、光検出器40に入射する。光検出器40は、入射した反射光をその光量に対応した電気信号に変換して画像処理ユニット42へ出力する。

【0030】画像処理ユニット42は、512画素×512画素×8ビット(256階調)から構成された第1から第4の画像メモリ42a～42dが内蔵されている。第1から第3の画像メモリ42a～42cは光検出器40が接続されており、光検出器40から出力される電気信号を保存できる。第4の画像メモリ42dは、ステージ34をZ方向(即ち、上記走査用レーザ光の光軸方向)に移動制御して上記走査用レーザ光をZ方向に走査させるZ方向移動制御回路44が接続されている。Z方向移動制御回路44から出力された信号に基づいてステージ34の移動回数をカウントしたカウント値を第4の画像メモリ42dに保存する。

【0031】また、ステージ34は、コンピュータ28の命令によってZ方向移動制御回路44から出力されるZ制御信号P2に基づいて、Z方向へ所定量だけ移動制御される。このとき、ステージ34の一回あたりの移動量は、コンピュータ28によって制御される。

【0032】また、測定範囲の設定及び各測定範囲内のステージ34の移動量の設定や、画像表示及び顕微鏡システムの制御等は、コンピュータ28に接続されたモニタ46を介して観察者によって設定される。

【0033】以上のように構成された共焦点走査型顕微鏡システムでは、観察者が試料36をステージ34上に載置した後、コンピュータ28による制御によって試料36上に集光される微小スポットをXY方向に走査する。そして、同時に、各測定点(x, y)においてステージ34をZ方向に移動制御して試料36に対する合焦制御を行う。このとき、試料36にピン트가合ったか否かの判断は、モニタ46に表示された画像を見ながら行う。

【0034】次に、観察者は、測定動作に関する各パラメータの設定を行う。まず、コンピュータ28によって試料36の測定範囲L及び、測定を開始するステージ34の位置Z₀を設定した後、Z走査でのステージ34の1回あたりの移動量Δを設定する。この移動量Δとは、本例では、対物レンズ32の焦光位置に対して試料36の位置を移動させる際の1回の移動量である。

【0035】測定範囲Lとステージ34の1回あたりの移動量Δとを設定すると、ステージ34の移動回数Nは $L/\Delta \leq N$ という関係に従って決定される。ところで、

7

ステージ 3 4 の移動回数のカウント値は、画像メモリ 4 2 d に保存されるため、ステージ 3 4 の移動回数 N は、画像メモリ 4 2 d の階調数 2 5 5 以下に制限される。

【0 0 3 6】測定範囲 L と移動量 Δ 及び移動回数 N を設定した後、試料 3 6 に対する測定が開始される。以下、図 2 に示すフローチャートを参照して測定動作を説明する。第 1 から第 4 の画像メモリ 4 2 a ~ 4 2 d の値を M a ~ M d 、ステージ 3 4 の移動回数のカウント値を k 、このとき光検出器 4 0 から出力される電気信号を I_k とする。

【0 0 3 7】測定が開始されると、ステージ 3 4 は測定開始位置 Z_0 に移動し、ステージ 3 4 の移動回数のカウンタをリセットする。また、このとき光検出器 4 0 から出力される電気信号 I_0 を第 1 の画像メモリ 4 2 a に保存する (S 1)。

【0 0 3 8】次にステージ 3 4 を移動量 Δ だけ移動させて、ステージ 3 4 の移動回数のカウンタをカウントアップする (S 2)。このときに光検出器 4 0 から出力される電気信号 I_k と第 1 の画像メモリ 4 2 a の値 M a の大きさを比較し (S 3)、 I_k の方が大きければ第 2 の画像メモリ 4 2 b に第 1 の画像メモリ 4 2 a に保存されていた M a を移動し、第 1 の画像メモリ 4 2 a には I_k の値を保存する。また、第 4 の画像メモリ 4 2 d には、このと

$$I(Z) = \alpha Z^2 + \beta Z + \gamma$$

と表される。

【0 0 4 4】第 1 ~ 第 3 の画像メモリ 4 2 a ~ 4 2 c に保存された、 I_0 、 I_{-1} 、 I_{+1} は、それぞれ $Z = Z_0$ 、 Z_{-1} 、 Z_{+1} のときの $I(Z)$ の値であるから、(2) 式に代入して、

$$I_0 = \alpha Z_0^2 + \beta Z_0 + \gamma$$

$$I_{-1} = \alpha Z_{-1}^2 + \beta Z_{-1} + \gamma$$

$$I_{+1} = \alpha Z_{+1}^2 + \beta Z_{+1} + \gamma$$

となる。ここで、ステージ 3 4 の 1 回あたりの移動量は Δ であるから、

$$Z_{-1} = Z_0 + \Delta \cdot m$$

$$Z_1 = -\beta / 2\alpha$$

$$= Z_0 + \Delta \cdot m$$

$$+ \{ (I_{+1} - I_{-1}) \cdot \Delta \} / [2 \{ (I_{-1} - I_0)$$

$$+ (I_{+1} - I_0) \}]$$

… (3)

となる。コンピュータ 2 8 が第 1 から第 4 の画像メモリ 4 2 a ~ 4 2 d に保存された、 I_0 、 I_{-1} 、 I_{+1} 、m の値及び、測定開始前に設定したステージ 3 4 の位置 Z_0 、ステージ 3 4 の 1 回あたりの移動量 Δ から、

(3) 式に基づいて真に試料からの反射輝度が最大となる、対物レンズと試料の相対位置 Z_1 を求めることができる。

【0 0 4 5】このように本実施例によれば、対物レンズと試料の相対位置を順次変化させ、光検出器の出力が最大となる相対位置を含む対物レンズと試料の相対位置に

8

きのステージ 3 4 の移動回数のカウント値 k を保存する (S 4)。

【0 0 3 9】S 4 の処理を行った後にステージ 3 4 が移動したとき、すなわち、 $k = M d + 1$ の場合に (S 5)、光検出器 4 0 から出力される電気信号 I_k を第 3 の画像メモリ 4 2 c に保存する (S 6)。

【0 0 4 0】S 2 ~ S 6 の処理を N 回繰り返すことにより (S 7)、光検出器 4 0 から出力される電気信号 I_k の最大値 I_m が第 1 の画像メモリ 4 2 a に保存されることになる。また、ステージ 3 4 の移動回数のカウント値は第 4 の画像メモリ 4 2 d に保存される。

【0 0 4 1】また、光検出器 4 0 の出力信号が最大となる 1 回前に、光検出器 4 0 から出力される電気信号 I_{m-1} が第 2 の画像メモリ 4 2 b に保存され、光検出器 4 0 の出力信号が最大となる 1 回後に、光検出器 4 0 から出力される電気信号 I_{m+1} が第 3 の画像メモリ 4 2 c に保存される。

【0 0 4 2】さらに、真に試料からの反射輝度が最大となる、対物レンズと試料の相対位置 Z_1 を求めるために、第 1 から第 4 の画像メモリ 4 2 a ~ 4 2 d に保存された値を用いてコンピュータ 2 8 で以下の計算を行う。

【0 0 4 3】前述の (1) 式を Z の 2 次関数で近似すると、

$$\dots (2)$$

$$Z_{-1} = Z_0 - \Delta$$

$$Z_{+1} = Z_0 + \Delta$$

となり、α を求めると、

$$\alpha = \{ (I_{-1} - I_0) + (I_{+1} - I_0) \} / 2 \Delta^2$$

となる。ここで、 I_0 は光検出器 4 0 から出力される電気信号 I_k の最大値であるから、

$$I_0 > I_{-1}$$

$$I_0 > I_{+1}$$

の関係になり、 $\alpha < 0$ となるので、 $Z = -\beta / 2\alpha$ のときに、 $I(Z)$ が最大となる。ゆえに、

おける光検出器の出力を複数の画像メモリに保存し、コンピュータにより計算を行うことにより、画像メモリ の階調数に影響されずに光検出器の出力が最大となる対物レンズと試料の相対位置を推定することができる。これにより、Z 走査を離散的に行うことによる量子化誤差を除くことが可能となり、顕微鏡システムを変更して高さ方向の移動ステップを小さくすることなく、表面形状の測定再現性を良くすることが可能となる。

【0 0 4 6】(第 2 の実施形態) 次に、第 2 の実施形態に係る共焦点走査型光学顕微鏡システムについて、図 3

を参照して説明する。なお、本実施形態の説明に際して第 1 の実施形態と同一の構成には同一の符号を付して、その説明を省略する。

【0047】本実施形態では、走査用レーザ光はハーフミラー 22 を介して 1 次元走査機構 48 に入射し、1 次元走査機構 48 から出力された走査用レーザ光で試料 36 上を X 方向に走査する。1 次元走査機構 48 は特別なものを用意する必要はなく、2 次元走査機構 24 を X 方向にのみ走査させ、Y 方向の走査を停止させることにより 1 次元走査機構として利用できる。

【0048】また、本実施形態ではステージ 34 を Z 方向に移動させる代わりに、レボルバ 30 を Z 方向（即ち上記走査用レーザ光の光軸方向）に移動制御して走査用レーザ光を Z 方向に走査させるように Z 方向移動制御回路 44 がレボルバ 30 に接続されている。

【0049】画像メモリ 42 a には、試料 34 の X 方向の各点における、試料と光学系の相対位置 Z_1 、 Z_2 、 $\dots Z_n$ での電気信号 I_1 、 I_2 、 $\dots I_n$ を保存する。画像メモリ 42 a の画素アドレスはレボルバ 30 の移動回数のカウント値により変化させる。走査用レーザ光を X Z 方向に走査すれば、試料 34 の光学的な断層像が画像メモリ 42 a に保存されることになる。

【0050】なお、レボルバ 30 の移動回数のカウント値により画像メモリ 42 a の画素アドレスが決定されるため、ステージ 34 の移動回数 N は画像メモリ 42 a の画素数 511 以下に制限される。

【0051】以上のように構成された本実施形態では、前述した実施形態と同様に、コンピュータ 28 から走査制御ユニット 26 に命令を与えて走査用レーザ光を X 方向の所定位置に入射すると共に、Z 方向移動制御回路 44 に命令を与えて Z 方向に走査する。X 位置で各相対位置 Z_1 、 Z_2 、 $\dots Z_n$ での電気信号 I_1 、 I_2 、 $\dots I_n$ を画像メモリ 42 a に保存する。

【0052】電気信号 I_1 、 I_2 、 $\dots I_n$ を画像メモリ 42 a からコンピュータ 28 に読み込んで、後述する処理により当該 X 位置において輝度が最も高くなる Z 位置を検出する。

【0053】ここで、前述の (1) 式は $Z=0$ の直線に対して左右対称であるので、図 4 に示すように画像メモリ 42 a に保存された I_1 、 I_2 、 $\dots I_n$ が左右対称に分布するような $Z=Z_0$ を、コンピュータ 28 で計算し求めれば $Z_0=Z_0$ となる。

【0054】試料 34 の各点において Z_0 を求めるには、例えば以下の処理を行う。まず、電気信号 I_1 、 I_2 、 $\dots I_n$ の中から最大値及び最小値を求め、その 2 つの値の平均値を求める。

【0055】次に、平均値を与える Z_1 、 Z_2 を平均値の前後の 2 点の直線近似で求める。そして、 Z_1 、 Z_2 の中点 Z_0 を求める。以上の手順により、試料 34 の各点での Z_0 の値が得られる。

【0056】本実施例によれば、光検出器の出力が最大となる対物レンズと試料の相対位置を、測定データの半値中心として計算しているので、光検出器等のノイズの影響を小さくすることができる。

【0057】以上、実施の形態を参照して本発明について説明したが、本発明は以下の発明を含む。光源からの出射光を光学顕微鏡の対物レンズを通して試料に入射し、前記対物レンズの集束位置と前記試料との相対位置を光軸方向となる Z 方向に離散的に移動させ、各相対位置での前記試料からの光強度をそれぞれ検出し、これら光強度検出値の中から最大の光強度検出値及び最小の光強度検出値を抽出し、この 2 つの光強度検出値の平均値を挟む前後 2 点の光強度検出値による直線近似にて当該光強度が示す変化曲線上で前記平均値を与える 2 つの Z 位置を求め、その 2 つの Z 位置の中点を前記変化曲線上の最大値を与える前記相対位置と推定し、その推定した相対位置を高さ情報として測定する。

【0058】本発明によれば、各相対位置での光強度検出値の中から最大の光強度検出値及び最小の光強度検出値が抽出される。そして最大及び最小の 2 つの光強度検出値の平均値を挟む前後 2 点の光強度検出値による直線近似にて当該光強度が示す変化曲線上で前記平均値を与える 2 つの Z 位置が求められる。この 2 つの Z 位置の中点が変化曲線上の最大値となる。本発明は上記実施形態に限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲内で種々変形実施可能である。

【0059】

【発明の効果】以上詳記したように本発明によれば、光検出器の出力が最大となる対物レンズと試料の相対位置を推定することにより、顕微鏡システムを変更して高さ方向の移動ステップを小さくすることなく、表面形状の測定再現性を良くすることが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の第 1 の実施形態に係る共焦点走査型光学顕微鏡システムの構成図である。

【図 2】第 1 の実施形態に係る共焦点走査型光学顕微鏡システムの測定動作を示すフローチャートを示す図である。

【図 3】本発明の第 2 の実施形態に係る共焦点走査型光学顕微鏡システムの構成図である。

【図 4】第 2 の実施形態での Z 位置の最大値測定原理を説明するための図である。

【図 5】従来の共焦点走査型光学顕微鏡の原理説明図である。

【図 6】凹凸のある試料表面を示す図である。

【図 7】Z 走査による輝度の変化曲線を示す図である。

【符号の説明】

16…共焦点走査型光学顕微鏡、18…レーザ光源、24…2 次元走査機構、26…走査制御ユニット、28…コンピュータ、32…対物レンズ、38…ピンホール、

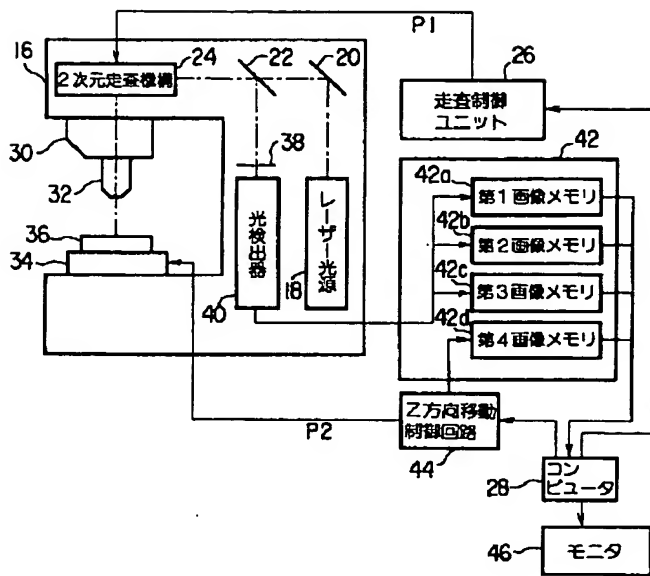
11

12

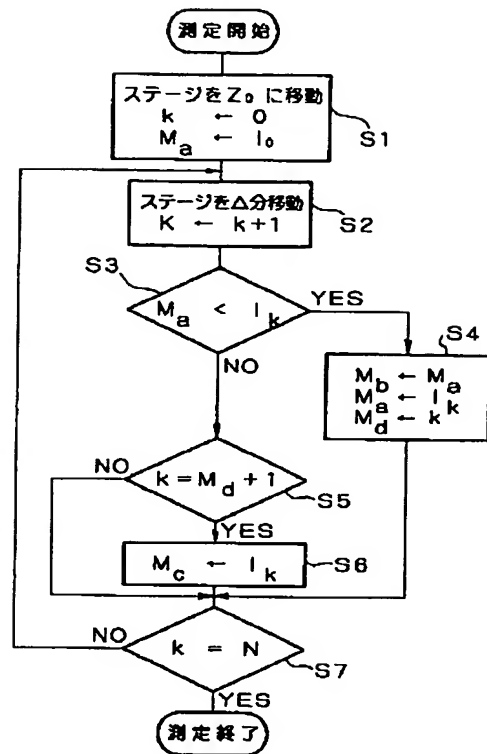
40…光検出器、42…画像処理ユニット、42a～4

2d…画像メモリ、44…Z方向移動制御回路。

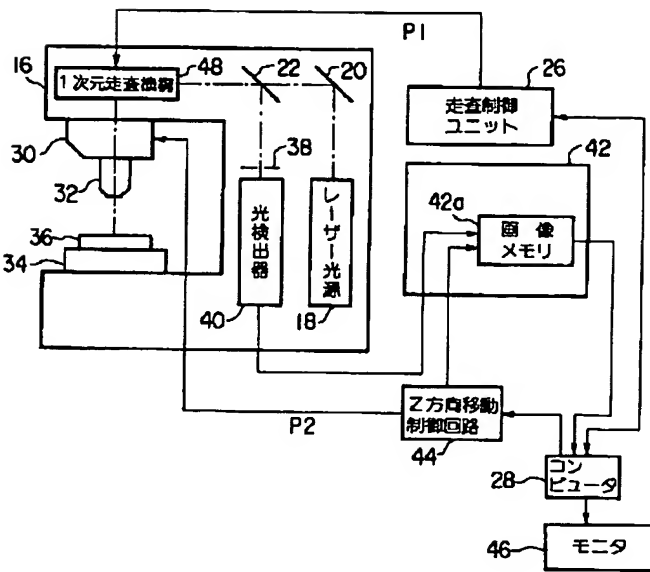
【図1】



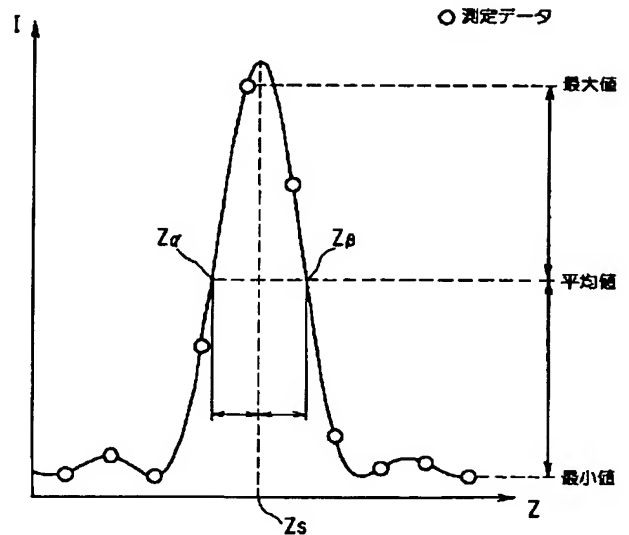
【図2】



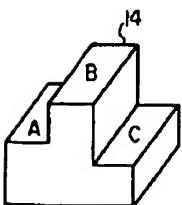
【図3】



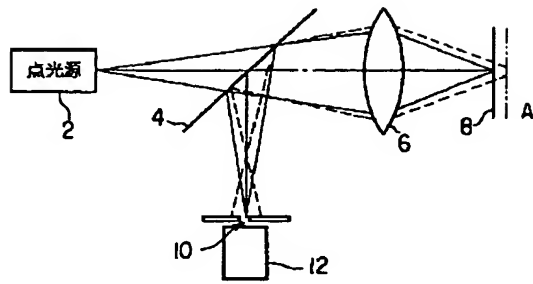
【図4】



【図6】



【図 5】



【図 7】

